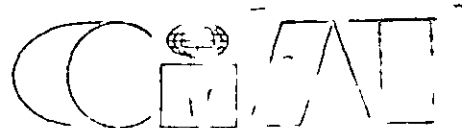


42153

OC 163492 (D)  
IDEEF

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

DESARROLLO DE UNA METODOLOGIA PARA SELECCION POR  
CALIDAD DE GRANO DE FRIJOL (Phaseolus vulgaris)  
DURANTE EL ALMACENAMIENTO



CENTRO DE DOCUMENTACION

T E S I S

presentada por

o  
Luis Emilio Rodolfo Morales Diaz

Previo a optar el Título de

LICENCIADO EN QUIMICA

84P

GUATEMALA, ENERO DE 1990

## INDICE

Resumen	1
1 Introducción	1
2 Antecedentes	
2 1 Generalidades	3
2 2 Composición química	4
2 3 Calidad nutricional del frijol	5
2 4 Endurecimiento del frijol	6
2 4 1 Endurecimiento de la cáscara (Hard Shell)	7
2 4 2 Dureza a cocción (Hard-to-cook)	7
2 4 2 1 Dterminacion del tiempo de cocción	9
2 5 Absorcion de agua	9
2 6 Coloración de la semilla de frijol	11
3 Justificaciones	14
4 Objetivos	15
5 Hipotesis	16
6 Materiales y metodos	
6 1 Universo de trabajo	17
6 2 Recursos humanos	17
6 3 'ateriales	17

6.4 Métodos	
6 4. 1 Tiempo de cocción	19
6 4. 2 Dureza del grano de frijol	19
6 4 3 Aguas de remojo	19
6 4 3 1 Absorción de agua	19
6 4. 3 2 Liofilización de las aguas de remojo	20
6 4 4 Índice de color	21
6 4. 5 Humedad del grano	21
6 4. 6 Humedad de los sólidos liofilizados	21
6 4 7 Cenizas de los sólidos liofilizados	21
6 4 8 Solución de cenizas	22
6 4 9 Nitrógeno total	22
6 4 10 Nitrógeno no proteínico	23
6 4.11 Azúcares totales	23
6 4 12 Polifenoles totales	24
7 Diseño experimental	25
7 1 Diagrama del diseño experimental	26
8. Resultados	28
9. Discusión de resultados	35
10 Conclusiones	43
11. Recomendaciones	45

12 Referencias

46

13 Anexos

52

## RESUMEN

Durante el presente estudio se desarrollaron dos metodologías que permitirán predecir el tiempo de cocción del frijol común (Phaseolus vulgaris) de la variedad Tamazulapa. La 1ª consiste en observar el color del agua de remojo y la 2ª en observar la cantidad de sólidos liberados durante el remojo (ambos durante 16 horas en cuarto de temperatura controlada a 22 grados centígrados)

Observaciones durante el presente estudio demostraron que el color del agua de remojo del frijol varía de color azul oscuro a verde claro conforme incrementa el tiempo de cocción (en franca ebullición). Al acidificar el agua de remojo, indistintamente del tiempo de cocción de la muestra, se obtiene una coloración roja (con máximo de absorción en la región visible a 520 nanómetros) cuya intensidad varía en forma inversamente proporcional al tiempo de cocción. Para monitorear durante el estudio la variación de la coloración roja, se desarrolló el parámetro INDICE DE COLOR, el cual relaciona la absorbancia del agua de remojo acidificada con el peso de frijol (en base seca) utilizado

Este índice de color demostró dependencia significativa con el tiempo de cocción (coeficiente de correlación de Pearson =  $-0.9361$ ,  $p < 0.05$ )

Por otro lado, en lo que respecta a sólidos liberados durante el remojo, se observó que su terdecia -  
fué a incrementar en forma proporcional al tiempo de  
cocción (coeficiente de correlación de Pearson =  $-0.8420$ ,  $p < 0.05$ )

## 1 INTRODUCCION

Las leguminosas constituyen una excelente fuente de proteína y energía, para suplementar dietas a base de cereales (1) En Guatemala, la leguminosa de mayor consumo es el frijol negro (Phaseolus vulgaris) Pese a la calidad nutricional del frijol, su consumo y aceptación están sujetos al deterioro postcosecha del grano, causante de pérdidas tanto nutricionales como económicas A nivel nutricional se ha observado que el grano de frijol almacenado por largos períodos de tiempo o en condiciones desfavorables (alta humedad y alta temperatura) tienden a incrementar el tiempo necesario para la cocción, lo cual compromete la calidad única del grano debido a las reacciones aminoácidos-carbohidratos y aminoácidos-pigmentos, que disminuyen la biodisponibilidad de estos (2,3,4) A nivel económico, se han detectado pérdidas debido a que el frijol (así almacenado) deteriora su sabor e incrementa su dureza (5,6,7), perdiendo así su aceptabilidad por parte del consumidor

El grano deteriorado sufre una serie de cambios físicos y químicos tales como insolubilización de sustancias pectínicas (posiblemente responsables del endurecimiento del grano), hidrólisis de proteínas, oxidación de polifenoles, oxidación de lípidos (6), pierde su capacidad de absorber agua (8),

obscurecimiento del grano(5), incrementa la cantidad de sólidos liberados durante el remojo (Remojo operación previa a la cocción utilizada para preablandar el grano) (9)

En cuanto a la liberación de sólidos durante el remojo, se cree que la cantidad y/o la composición química están relacionados con el incremento en el tiempo de cocción del frijol (9) Kon (10) observó que el tiempo de cocción, está relacionado con la cantidad de fósforo orgánico presente en el frijol después del remojo, lo cual podría indicar que alguno de los componentes químicos, en los sólidos obtenidos de las aguas de remojo estén relacionados con el incremento en el tiempo de cocción

El presente trabajo, pretende realizar análisis químicos de los sólidos de remojo (nitrógeno total y proteínico, polifenoles totales, azúcares totales, cenizas y minerales) y establecer si existe alguna relación entre estos y el tiempo de cocción y/o la dureza del grano, para el desarrollo de una metodología de selección por calidad de grano de frijol, siendo los parámetros de calidad la dureza y el tiempo de cocción Para los efectos de la presente investigación, se utilizara frijol común (Phaseolus vulgaris), de la variedad Tamazulapa, expuesto a tres condiciones de almacenamiento Baja humedad y Alta temperatura (HbTa), Baja humedad y Baja temperatura (HbTb) y Alta humedad y Alta temperatura (HaTa)



## 2 ANTECEDENTES

### 2.1 Generalidades

Las leguminosas constituyen una excelente fuente de proteína, en las dietas de muchas regiones del mundo, especialmente en aquellas en las cuales es escasa la proteína de origen animal (11, 12, 13) Su nombre deriva del latín "Legere" que significa recogida, y se caracteriza por

- Tener la semilla contenida en un fruto llamado legumbre
- Tener hojas de color verde oscuro divididas generalmente en varios folíolos
- Tener nódulos, en las raíces, que encierran bacterias específicas, que desempeñan un papel singular y vital en la nutrición de la planta (13)

La semilla está constituida por tres partes anatómicas la cáscara, los ejes embrionarios y los cotiledones, que en el frijol común (Phaseolus vulgaris) ocupan 7.7%, 1.8%, y 90.5% del grano en base seca, respectivamente (14)

En América latina, exceptuando Argentina y Uruguay, la leguminosa de mayor aceptación es el frijol común (Phaseolus vulgaris) en un gran número de variedades (13) En Guatemala, se ha comprobado que el caldo de frijol se considera un alimento básico, ya que niños menores de dos años son alimentados con este. El consumo de caldo disminuye con la edad, incre

mentándose la ingesta del grano cocido (se estima que el guatemalteco adulto consume 303 g de frijol al día) (13,14a)

## 2.2 Composición química

El contenido de proteína de las leguminosas varía entre 18% y 27.9% (15,16), exceptuando el frijol de soya que puede llegar a tener 41.5% (15). El máximo contenido de proteína se encuentra en el eje embrionario - (14). Predominan las globulinas (solubles en NaCl/H<sub>2</sub>O al 2%)

Su importancia nutricional radica en su contenido de aminoácidos esenciales, presentando a la vez deficiencia en aminoácidos azufrados (cistina y metionina), leucina y triptofano, siendo la metionina el aminoácido limitante de la calidad proteínica (2,16,17)

Presentan un contenido de carbohidratos entre 60% y 65%, de fibra entre 3% y 8%, y de cenizas entre 2.5% y 4.2%. En lo que a grasa respecta, su contenido varía de 1% a 2% (exceptuando la soya y la manía) estando constituida principalmente por ácido palmítico, ácido esteárico, ácido oléico, ácido linoleico y ácido linolínico, variando las proporciones entre las variedades (18)

Se sabe que contiene minerales tales como K, P, Mg y Ca en altas proporciones y Fe, Zn, Na, Mn y Cu en bajas proporciones. Además contiene vitaminas del complejo B, tiamina, riboflavina y niacina, así como carotenos y ácido ascórbico -

(14,16)

### 2 3 Calidad nutricional del frijol

Pese a que la importancia nutricional del frijol radica en su aporte proteínico (como lo demuestran los análisis químicos), su calidad nutricional esta sujeta a factores intrínsecos y extrínsecos

Como factores intrínsecos, cuyo origen es genetico, podemos mencionar

- deficiencia de aminoácidos azufrados, y
- presencia de factores antinutricionales

Bien sabido es que la mayoría de leguminosas son deficientes en aminoácidos azufrados, lo cual es un factor limitante de la calidad proteínica (16,17,19), además, se ha determinado que la cistina y la metionina poseen una muy baja disponibilidad biológica, que tiende a decrecer con el tiempo de almacenamiento (20)

En lo que a factores antinutricionales respecta, el frijol contiene una serie de sustancias adversas, tanto termolabiles como termoestables, que interfieren en la utilización de la proteína. Entre los factores termolabiles podemos mencionar Fitohemaglutininas (con acción aglutinante), glucósidos cianogenicos (que liberan HCN por hidrólisis) (21), inhibidores tríplicos (que inhiben la acción de la tripsina)

En lo que a factores termoestables respecta, se encuentran presentes una serie de polifenoles (estrechamente ligados con la coloración de la semilla) con actividad inhibidora triptica. Su capacidad inhibidora es atribuida a la formación de complejos insolubles con las proteínas (a través de enlaces de hidrogeno de los grupos hidroxilo del polifenol (22,23))

En cuanto a factores extrínsecos, el tiempo de cocción juega un papel muy importante sobre la calidad nutricional del frijol. Si bien es cierto, que se requiere la cocción del grano de frijol tanto para suavizarlo como para eliminar los factores tóxicos termolábiles, un exceso en el período de cocción puede incrementar la reacción entre aminoácidos y carbohidratos, produciéndose un descenso en la biodisponibilidad de ellos y por consiguiente, disminuyendo la calidad proteínica del frijol (24)

#### 2.4 Endurecimiento del frijol

El endurecimiento del frijol representa un serio problema en la etapa postcosecha de esta leguminosa, causante de graves problemas de comercialización y acarreado grandes pérdidas económicas (25). Dicho endurecimiento, atribuido a condiciones de almacenamiento no adecuadas, es el responsable del incremento del tiempo de cocción

necesario para suavizar el grano , pero el endurecimiento no solo implica un problema energetico, ya que el frijol en tales condiciones posee una calidad nutricional inferior, respecto al grano fresco (26) Se han observado dos tipos de dureza en el grano postcosechado

- Endurecimiento de la cáscara (Hard shell) y
- Dureza a cocción (Hard-to-cook)

#### 2 4 1 Endurecimiento de la cáscara

Esta, es una condición física producida por el almacenamiento a altas temperaturas y bajas humedades relativas (27) En esta condición, el grano no absorbe suficiente agua durante la cocción y por lo tanto no se suaviza (6) El grano con este defecto tiende a ser mas pequeño de lo normal El proceso es reversible, cuando se expone el grano a atmosfera humeda o saturada con vapor de agua, antes de la coccion (28)

#### 2 4 2 Dureza a cocción

Condicion en la cual el grano absorbe suficiente agua pero no se suaviza durante la cocción (6,9), varios autores, han aceptado que este fenomeno se presenta cuando el frijol es almacenado a altas temperaturas y altas humedades relativas (6)

Hohlber y Stanley (6), observaron que el frijol almacenado bajo estas condiciones, no presenta cambios significativos en su composicion proximal y su capacidad de absorción de agua, durante los cuatro meses del estudio, pero sí hubo cambio significativo en la dureza del grano. Por otro lado el análisis de proteínas, por cromatografía de exclusion en gel, demostro la presencia de pequeños polipeptidos (2 a 3 milodalton (1 dalton= $1.66 \times 10^{-24}$  g)), no presentes en la muestra control, debidos posiblemente a la hidrólisis de proteinas mayores, detectandose a la vez un incremento en la cantidad de aminoácidos aromáticos libres. La presencia de aminoácidos aromáticos, pequeños polipeptidos y la actividad enzimática dentro del cotiledón representan el pasc inicial de la reaccion de lignificación, lo cual podría ser uno de los factores que influyen el incremento del tiempo de coccion (6)

Otro factor que contribuye al endurecimiento del grano, podría ser la formacion de pectatos insolubles (en la lamina media del cotiledón), como consecuencia de la interaccion entre los fitatos con proteínas y cationes divalentes (29,30)

Al respecto Crean y Waisman (31) observaron un incremento en el tiempo de coccion, cuando se agregar sales de calcio y/o magnesio en el agua de coccion

Tambien se han observado variaciones en la temperatura

ra de gelatinización del almidón proveniente de frijoles con este defecto, debido posiblemente a la variación en el sistema de cristalización del mismo (6)

#### 2 4 2 1 Determinación del tiempo de cocción

El tiempo de cocción, uno de los parámetros más importante en la aceptabilidad del grano de frijol, puede ser determinado con el dispositivo Mattson (Mattson Bean Cooker MBC), en el cual se colocan 25 granos de frijol sobre una base con orificios adecuados y sobre cada frijol se coloca una varilla de metal de peso conocido. El dispositivo ensamblado, es colocado en agua a temperatura de ebullición y cuando el 50% del total de las varillas han atravesado los respectivos frijoles se considera como el tiempo de cocción. Al respecto Iareo y col (32) demostraron que las varillas con terminación cilíndrica de 1 mm de diámetro y 89.8 g de peso, poseen la mejor correlación con el análisis sensorial (u organoléptico, desarrollado por panelistas entrenados en base a escalas hedónicas)

#### 2 5 Absorción de agua

Cuando los frijoles son preparados para consumo humano, son rehidratados y cocidos. Algunas veces ambos procesos se desarrollan durante la cocción, otras, se

permite que el grano se rehidrate absorbiendo agua durante una operación denominada "REMOJO", para posteriormente cocinarlo. La facilidad y la rapidez con que el grano absorbe agua depende de la permeabilidad del grano e influye en la facilidad de cocción del mismo (33). Se ha demostrado que la velocidad de absorción de agua durante el remojo depende de

- El tiempo y las condiciones de almacenamiento, observándose que es mayor en los granos que han sido almacenados en condiciones adversas y por largos períodos (7), y
- La temperatura del agua de remojo, la cual es proporcional a la velocidad de absorción (10)

Conjuntamente a la absorción de agua, se ha observado que el grano libera sólidos, cuya cantidad depende de las condiciones de almacenamiento y de la temperatura del agua de remojo, siendo mayor en granos almacenados en condiciones adversas y en aguas de remojo a altas temperaturas (9,10)

Por otro lado, la operación de remojo ha sido recomendada con el fin de obtener mejor calidad proteínica, mejor valor nutritivo, menor tiempo de cocción y eliminación de factores tóxicos (no obstante, el tiempo de remojo no debe exceder las 18 hrs, ya que la razón de eficiencia proteínica disminuye y los inhibidores tripticos aumentan, debido a que



los colorantes de la semilla, solubles en agua, tienen dicho efecto inhibitor), se sabe también que la operación de remojo no es indispensable para eliminar factores tóxicos, pero sí para ablandar la semilla y así reducir el tiempo de cocción (14)

En cuanto a los sólidos liberados durante el remojo, se ha observado una correlación entre su cantidad, la textura del grano y la absorción de agua (7), y posiblemente exista alguna correlación entre su composición química y el incremento en el tiempo de cocción, ya que Kon (10) observó que el grano pierde fósforo durante el remojo

A temperatura ambiente ( $\pm 20^{\circ}\text{C}$ ) se ha observado que la mayor cantidad de sólidos liberados se logra con 16 hrs de remojo, con una relación 1/3 de grano/agua

Análisis químicos realizados por Samuel Kon (10) demuestran la presencia de Nitrógeno (método Kjeldahl), azúcares (método colorimétrico), calcio y magnesio (absorción atómica) y tiamina, riboflavina, niacina (por el método descrito por Liller)

## 2.6 Coloración de la semilla de frijol

La semilla de frijol debe su color a pigmentos polifenólicos solubles en agua llamados antocianinas. Son susceptibles a la degradación por

oxidación, hidrólisis y polimerización. Poseen características anfotéricas, siendo más estable la forma ácida. En solución, son estables a pH ácido y muy inestables a pH alcalino, además, el pH definirá la intensidad de su color, por lo general a pH inferior a 3 presentan su más intensa coloración roja (34)

Las antocianinas forman complejos con galotanninos, flavonoides y polisacáridos, estos últimos asociados con el incremento de la velocidad de degradación. Este efecto degradativo por parte de los azúcares puede ser el resultado de la reacción directa pigmento-azúcar o bien pigmento-subproductos activos provenientes de la degradación del azúcar, al respecto, se ha analizado la influencia del furfural y el 5-hidroximetil furfural (derivados de la degradación de aldopentosas y cetohechosas respectivamente), observándose que ambos aceleran la degradación de las antocianinas, especialmente en presencia de oxígeno (en atmósfera de nitrógeno, la degradación es más lenta), aunque éste no es indispensable para que ocurra la degradación. De estas investigaciones, la velocidad de degradación de las antocianinas en presencia de azúcares ha sido asociada con la velocidad a la cual el azúcar se degrada a compuestos del tipo furfural (33,36)

Otro factor que influye en la degradación de las anto

cianinas, es la temperatura de almacenamiento, la cual pre sen ta una correlacion lineal con el logaritmo de la ve loci dad de degradación (34) De estos datos de destrucción ter mi ca, se ha determinado que la vida media de las antociani nas almacenadas a 20°C es de 8 semanas (34,37)

También, se ha determinado que la per di da del color es ta sujeta a la acción de algunas enzimas tales como glucosi dasas, fen ol asas y per oxi dasas Esta degradacion enzimatica es atribuida a la acción de antocianinasas que hidrolizan las antocianinas a antocianidinas y azucares, siguiéndole (es--  
pon táneamente) la formacion de compuestos incoloros (34)

### 3 JUSTIFICACIONES

El almacenamiento postcosecha del grano de frijol, induce un deterioro del grano (dependiente del tiempo y las condiciones de almacenamiento) que provoca pérdidas económicas y principalmente nutricionales, que recaen en el rechazo del grano por parte del consumidor

Este problema, hace necesario el desarrollo de una metodología que permita monitorear el decaimiento de la calidad del mismo y a la vez, que permita establecer el grado de envejecimiento y por ende la aceptabilidad del grano de frijol

#### 4 OBJETIVOS

- Caracterizar químicamente las aguas de remojo del frijol común (Phaseolus vulgaris) de la variedad Tamazulapa
- Identificar la correlación que existe entre los componentes químicos del agua de remojo de frijol común y la calidad del grano (siendo los parámetros de calidad la dureza del grano y el tiempo de cocción)
- Desarrollar una metodología de selección por calidad de grano de frijol

## 5 HIPOTESIS

Al menos uno de los componentes químicos de las aguas de remojo de frijol común (Phaseolus vulgaris) de la variedad Tamazulapa, permite establecer la calidad del grano, - siendo los parámetros de calidad la dureza y el tiempo de coccion del grano

## 6 MATERIALES Y METODOS

### 6.1 Universo de trabajo

Frijol común (Phaseolus vulgaris) de la variedad Tamazulapa (la cosecha Atescatempa, Jutiapa 1986) - expuesto a tres condiciones de almacenamiento Alta temperatura (38°C) y Baja humedad (TaHb), Baja temperatura (22°C) y Baja humedad (TbHb) y Alta temperatura (38°C) y Alta humedad (TaHa), y los sólidos liofilizados de sus aguas de remojo de 16 Hrs (El tratamiento de Baja temperatura y Alta humedad no se considera en el presente trabajo por estar fuera de los alcances del mismo y por ser una condición ambiental que no se presenta en Guatemala)

### 6.2 Recursos humanos

El trabajo fué realizado por Luis Emilio - Rodolfo Morales Diaz estudiante de la carrera de Licenciatura en Química (Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala) bajo la asesoría de los Doctores Ricardo Bressani y Enrique Acevedo

### 6.3 Materiales

Balanza Analítica CHAUS Galaxy 16C

Balanza Toledo SMI

Recipientes herméticos de plástico

Cuarto de temperatura Vollrath

Mufla Thermolyne Furnatrol II

Molino Tecator Cyclotec 1093

Digestor Tecator Kjeltac

Destilador Tecator Kjeltac Auto 1030

Liofilizadora Virtis 10-IR-Tr

Espectrofotómetro UV-Vis Varian DMS 90

Graficador Perkin Elmer 56

Horno de vacío Precision serie 510-623



## 6 4 Métodos

### 6 4 1 Tiempo de cocción

El tiempo de cocción fué determinado con el dispositivo Mattson de 90 g , colocando 25 granos de frijol en el dispositivo, siendo el tiempo de coccion, el tiempo necesario para que el 50% de la muestra este cocida (32)

### 6 4 2 Dureza del grano

Se determinó la dureza de corte del grano crudo y remojado 16 Hrs , con el Texturometro OTLS (Ottawa Texture Measurement System) con un programa ESRI de computadora, desarrollado por "Engineering and Statistical Research Institute", Canadá

### 6 4 3 Aguas de remojo

Las aguas de remojo se obtuvieron (por duplicado) de 500 g de frijol en 1.5 L de agua destilada - por un período de 16 Hrs sin agitación, en cuarto de temperatura a 22°C (1C)

#### 6 4 3 1 Absorción de agua

Los granos de frijol remojados se cortaron por la mitad y se centrifugaron a 2500 r.p.m durante 10 minutos (con papel absorbente), posteriormente se determino la humedad de los granos centrifugados, en el horno de va

cío El porcentaje de absorción de agua se calculo así

$$AAC = \frac{\%H_1}{(100 - \%H_1) + \frac{(100 - \%H_1) \%S}{(100 - \%S)}}$$

en donde AAC = porcentaje de absorción de agua corregido  
 %H<sub>1</sub> = humedad del grano postremojo  
 %S = porcentaje de solidos liberados durante el remojo

#### 6 4 3 2 Liofilizacion de las aguas de remojo

Las aguas de re-  
 mojo de 16 Hrs se colocaron en bandejas de acero inoxidable,  
 introduciendose posteriormente en la liofilizadora Virtis 10-  
 Mr-Tr Posteriormente, se congelaron las muestras (dentro de  
 la liofilizadora) y se hizo descender la temperatura hasta -  
 -40°C, alcanzada dicha temperatura, se hizo descender la  
 presión hasta llegar a 60 militorr, despues de lo cual se in-  
 crementó la temperatura hasta llegar a 75°C Se dejaron las  
 muestras en estas condiciones por 12 Hrs

Los solidos obtenidos, se colocaron en recipientes de co-  
 lor ambar tarados, para determinar la cantidad de solidos li-  
 berados y poder calcular el AAC (6 4 3 1) Los solidos se  
 mantuvieron en atmosfera de nitrógeno y en desecadora hasta  
 ser utilizados para los analisis químicos de nitrógeno proteí-  
 nico, no proteínico, azucares totales, humedad, polifenoles -  
 totales, cenizas totales y minerales

## 6 4 4 Índice de color

Se pesan 50 0 g de frijol (de humedad conocida) y se colocan en vasos de precipitar de 250 ml. Se les agrega 150 ml de agua destilada y se deja reposar durante 16 Hrs en cuarto de temperatura. Homogenizar mediante agitación mecánica el agua residual y separar por decantación (a esta agua se le denomina 'Agua de Remojo'). Colocar 1 ml de agua de remojo en un balón aforado de 25 ml y aforar con HCl al 1% (v/v), homogenizar y determinar la absorbancia a 520 nm. Calcular el índice de color

$$IC = Ab_{(520 \text{ nm})} \cdot 25 \cdot 100 / \text{peso seco del frijol}$$

## 6 4 5 Humedad del grano (AACC 44-32) (39)

Pesar aproximadamente 2 000 g de frijol molido en recipientes de aluminio. Colocar en horno de vacío durante 16 Hrs. Llevar a temperatura ambiente en desecadora y pesar. El porcentaje de humedad se ra

$$\%H = 100 - (\text{peso seco/peso original}) \cdot 100$$

## 6 4 6 Humedad de sólidos liofilizados

Igual que el procedimiento anterior, pero con muestra de 0 2000 g

## 6 4 7 Cenizas de los sólidos liofilizados (AACC 08-01) (39)

Pesar

0 5000 g de sólidos liofilizados en capsula de porcelana (previamente secada en la mufla) e incinerar en mufla a 600°C por 16 Hrs sacar de la mufla y llevar a temperatura ambiente en desecadora y pesar El porcentaje de cenizas será

$$\%C = (\text{peso de ceniza/peso de muestra}) 100$$

#### 6 4 8 Solucion de Cenizas

Despues de pesar las cenizas, se agregan 5 ml de HCl 1 l y se calienta hasta sequedad en estufa de disco a baja temperatura Se agrega luego, 5 ml de HCl 1 l y se calienta suavemente por 30 minutos Se filtra la solución ácida de cenizas a través de papel Whatman 41 (o equivalente) a un balón aforado de 50 ml Se lava la ceniza insoluble y el papel filtro con agua desionizada y se lleva a volumen

#### 6 4 9 Nitrógeno total (AACC 46-13) (39)

Se pesan de 0 1000 a 0 2000 g de los sólidos liofilizados y se colocan en tubos de digestión de 30 ml Se agrega 1 9 g de  $K_2SO_4$ , 40 mg de HgO y 3 ml de  $H_2SO_4$  (concentrado) y se digiere por 1 5 Hrs Se enfrían los tubos y se les agrega una pequeña cantidad de agua Se transfiere la solución a un destilador de arrastre con vapor, lavando el tubo de digestión con pequeñas porciones de agua En la salida del condensador se coloca un matraz erlen

meyer de 125 ml con 5 ml de solución de ácido bórico al 3% y dos gotas de indicador (mezcla 1 l de soluciones alcoholicas de azul de metileno (0 24%) y rojo de metilo (0 02%)  
 Agregar al destilador 15 ml de NaOH al 40% y destilar hasta obtener en el recipiente receptor un volumen aproximado de 50 ml Se titula la solución del ácido bórico con HCl 0 01N hasta aparición de color rosa Hacer la determinación en blanco y calcular el contenido de nitrógeno

$$\%N = ((\text{ml HCl} - \text{ml blanco}) N_{\text{HCl}} 14,007 100) / \text{mg}_{\text{muestra}}$$

6 4 10 Nitrogeno no proteínico

Pesar 0 2000 g de sólidos liofilizados en tubos de ensayo, disolverlos en 3 ml de agua y agregar 2 ml de solución de Acido tricloroacético al 10% (para precipitar la proteína) Centrifugar a 2500 rpm y determinar el nitrógeno residual en el sobrenadante como - en 6 4 9

6 4 11 Azucres totales

Se pesan 0 5000 g de sólidos liofilizados y se disuelven en 100 ml de agua destilada A partir de esta solución, se prepara una solución de aproximadamente 40 ug/ml (de sólidos de remojo) De esta, se toman 2 ml como muestra y se colocan en tubo de ensayo Se le agrega 1 ml de solución de fenol al 5% y 5 ml de ácido sulfurico

concentrado Se deja reposar 10 minutos y se enfría luego en baño de María El color desarrollado se mide a 490 nm La solución se compara con soluciones de glucosa como patron (40)

#### 6 4 12 Polifenoles totales

Se pesan 0 5000 g de solidos liofilizados y se disuelven en 100 ml de agua destilada A partir de esta solución se prepara una solución de 0 2 mg/ml De esta solución, se toma 1 ml como muestra y se coloca en un tubo de ensayo, se le agrega 0 5 ml de reactivo de Folin Denis, 1 ml de solución saturada de carbonato de sodio y 7 5 ml de agua Se deja reposar por 45 minutos y luego se centrifuga a 2500 rpm por 15 minutos El color desarrollado se mide a 760 nm La solución se compara con soluciones de acido tánico como patron (41)

## 7 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el análisis de los resultados se usó un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos y seis repeticiones, con el siguiente modelo estadístico

$$Y_{ij} = u + T_i + E_{ij}$$

en donde  $Y_{ij}$  = variable de respuesta

$U$  = efecto de la media general

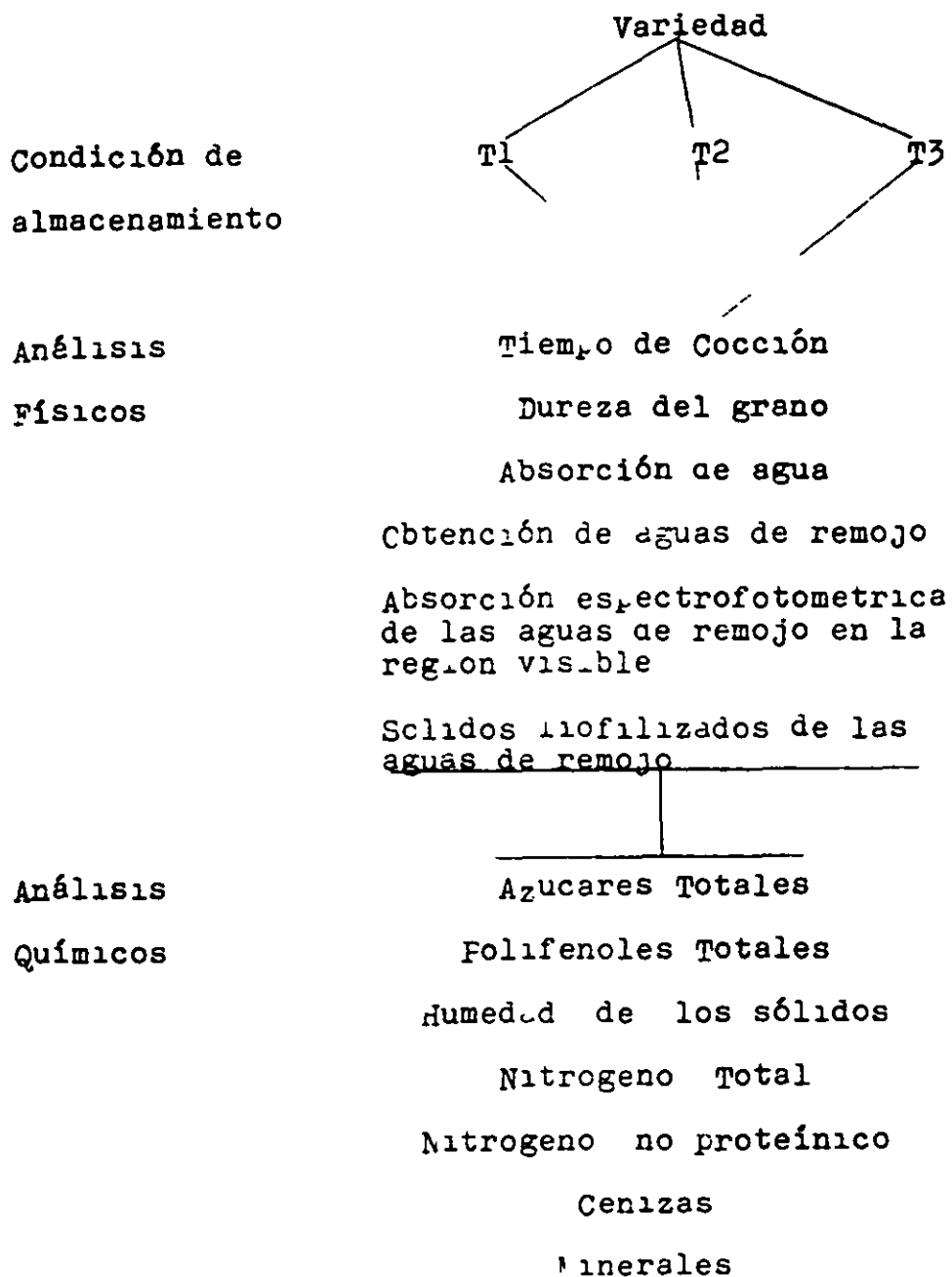
$T_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$E_{ij}$  = error experimental

Otros análisis

- Regresión (tiempo de cocción y dureza del grano vs absorción de agua, color, humedad, cenizas, nitrógeno total, azúcares, polifenoles y minerales)
- Comparación de medias según Tuckey

## 7 l Diagrama del diseño experimental





En donde

Variedad Frijol comun de la variedad Tamazulapa

T1 Almacenamiento a Alta temperatura y Baja humedad  
T2 Almacenamiento a Baja temperatura y Baja humedad  
T3 Almacenamiento a Alta temperatura y Alta humedad

## 8 RESULTADOS

Durante el presente estudio, el grano de frijol - almacenado a Alta temperatura-Alta humedad (TaHa) presento deterioro fungico a partir de los 40 días de almacenamiento, este deterioro se incremento al grado de no poder utilizar las muestras almacenadas 80 y 100 días. Por esta razón, se hizo necesaria la introduccion (para este tratamiento unicamente) de muestras almacenadas 10 y 30 días, para lo cual se utilizo parte del frijol control (almacenado a 4°C y baja humedad). Para el análisis estadístico se utilizó un análisis de varianza con datos faltantes, con la ayuda del sistema SAS. La comparacion de medias se realizo segun Tuckey, con probabilidad de 0.05.

De la tabla 1 a la 16 (anexo 1), pueden observarse los resultados de los analisis realizados durante el presente estudio, los cuales demuestran que el frijol almacenado a Temperatura alta-Humedad alta tuvo marcada tendencia a sufrir cambios radicales. De los resultados de las variables físicas - analizadas en el grano de frijol almacenado bajo esta condición, puede observarse que el tiempo de cocción sufrio incremento progresivo estadísticamente significativo de 169% en el frijol sin remojar y 327% en el frijol remojado durante los 60 días de almacenamiento, la dureza de corte del frijol sin

remojar sufrió incremento máximo estadísticamente significativo de 57% a los 20 días de almacenamiento, después de lo cual disminuyó significativamente a los 30 días y se mantuvo estable hasta los 60 días de almacenamiento y la dureza del frijol remojado sufrió incremento estadísticamente significativo de 22% a los 10 días de almacenamiento después de lo cual disminuyó significativamente (-14%) a los 40 días y se mantuvo estable hasta los 60 días de almacenamiento, el porcentaje de sólidos liberados durante el remojo sufrió incremento progresivo estadísticamente significativo de 509% durante los 30 días iniciales del almacenamiento después de lo cual se mantuvo estable, el índice de color de las aguas de remojo sufrió disminución progresiva estadísticamente significativa a lo largo de los 60 días de almacenamiento (-89%), la humedad del grano almacenado sufrió incremento estadísticamente significativo de 96% a lo largo de los 60 días de almacenamiento y por último, la absorción de agua corregida no sufrió cambios estadísticamente significativos

En cuanto a variables químicas analizadas en los sólidos liofilizados de las aguas de remojo del frijol almacenado a Temperatura alta-Humedad alta, se observó que el nitrógeno total sufrió disminución estadísticamente significativa de -18% a los 20 días de almacenamiento, se mantuvo estable entre los

20 y 30 días de almacenamiento para luego sufrir incremento significativo en las muestras de 40 y 60 días (6% max ), los polifenoles totales sufrieron disminución progresiva estadísticamente significativa de -39% durante los 30 días iniciales de almacenamiento para luego mantenerse estable hasta los 60 días de almacenamiento, los azúcares totales sufrieron incremento estadísticamente significativo de 14% hasta los 20 días de almacenamiento, se mantuvieron estables entre los 20 y los 30 días para luego sufrir disminución progresiva estadísticamente significativa (-29% min ), las cenizas totales sufrieron incrementos y decrementos a terceros estadísticamente significativos a lo largo de los 60 días de almacenamiento (31% max y -18% min ), el contenido de sodio no sufrió variación estadísticamente significativa entre los 20 días iniciales de almacenamiento después de lo cual disminuyó significativamente a los 30 días y se mantuvo estable, el contenido de potasio no sufrió variaciones estadísticamente significativas, el contenido de magnesio sufrió disminución estadísticamente significativa de -27% a los 10 días de almacenamiento, se mantuvo estable hasta los 30 días para luego incrementarse significativamente a los 40 días y permanecer estable, el contenido de calcio sufrió disminución estadísticamente significativa de -34% a los 10 días de almacenamiento y permaneció esta-

ble, por último, el contenido de fósforo se mantuvo sin varia  
cion estadísticamente significativa a traves de los 20 días -  
iniciales de almacenamiento para luego presentar incremento  
progresivo estadísticamente significativo durante los 60 días  
de almacenamiento

Los análisis de las variables físicas del grano de fri--  
jol almacenado a Temperatura alta-Humedad baja, demostraron -  
que los tiempos de cocción no sufrieron variaciones estadística  
mente significativas, la dureza de corte del frijol sin re  
mojar sufrió incremento estadísticamente significativo unica-  
mente en la muestra almacenada 100 días (19%) y la dureza de  
corte del frijol remojado sufrió incremento estadísticamente  
significativo de 32% a los 20 días de almacenamiento, disminu-  
yendo significativamente entre los 20 y 40 días, para ego  
permanecer estable entre los 40 y 80 días de almacenamiento e  
incrementar significativamente entre los 80 y 100 días de al-  
macenamiento, los sólidos liberados durante el remojo no pre  
sentarcn variación estadísticamente significativa, el índice  
de color de las aguas de remojo sufrió disminución estadísti-  
camente significativa de 22% a los 20 días de almacenamiento,  
para luego permanecer estable, la humedad del grano almacena-  
do sufrió disminución estadísticamente significativa de 8% a  
los 20 días de almacenamiento, para luego permanecer estable,

y por último, la absorción de agua no sufrió cambios estadísticamente significativos

En cuanto a las variables químicas analizadas en los sólidos liofilizados de las aguas de remojo del frijol almacenado a Temperatura alta-Humedad baja, se observó que el nitrógeno total sufrió incremento estadísticamente significativo de 11% a los 20 días de almacenamiento, para luego permanecer estable, los polifenoles totales no sufrieron cambios estadísticamente significativos durante los 60 días de almacenamiento, después de lo cual disminuyeron significativamente (-5 35%) entre los 60 y 80 días de almacenamiento y se mantuvieron estables entre los 80 y 100 días, los azúcares totales sufrieron disminución estadísticamente significativa de 23% a los 20 días de almacenamiento, luego incrementaron significativamente entre los 20 y 40 días, para luego permanecer estables, las cenizas totales sufrieron disminución estadísticamente significativa de 30% a los 40 días de almacenamiento, para luego permanecer estables, los contenidos de sodio, potasio, magnesio, calcio y fósforo no presentaron variaciones estadísticamente significativas

Por último, el análisis de las variables físicas del grano de frijol almacenado a Temperatura baja-Humedad baja demostraron que los tiempos de cocción no sufrieron variaciones es

estadísticamente significativas, la dureza de corte del frijol sin remojar sufrió incremento estadísticamente significativo de 20% a los 40 días de almacenamiento, para luego disminuir significativamente y permanecer estable y la dureza del frijol remojado sufrió incremento estadísticamente significativo de 25% hasta los 40 días de almacenamiento, para luego presentar decrementos e incrementos alternos estadísticamente significativos, los sólidos liberados durante el remojo no sufrieron cambios estadísticamente significativos, el índice de color de las aguas de remojo sufrió disminución estadísticamente significativa de 21% a los 20 días de almacenamiento, manteniéndose estable entre los 20 y los 60 días de almacenamiento, incrementando significativamente entre los 60 y 80 días, para luego disminuir significativamente entre los 80 y 100 días, la humedad del grano almacenado sufrió decremento e incremento estadísticamente significativos durante los 40 días de almacenamiento para luego permanecer estable, y por último, la absorción de agua no presentó variación estadísticamente significativa

En cuanto a las variables químicas analizadas en los sólidos liofilizados de las aguas de remojo del frijol almacenado a Temperatura baja-humedad baja, se observó que el nitrógeno total no presentó variación estadísticamente signifi

cativa, los polifenoles totales presentaron incremento estadísticamente significativo de 7% hasta los 40 días de almacenamiento, para luego permanecer estables, los azúcares totales presentaron disminución estadísticamente significativa de -13% a los 20 días de almacenamiento, se mantuvieron estables entre los 20 y los 60 días, incrementando significativamente entre las muestras de 60 y 80 días, para luego permanecer estables entre los 80 y 100 días, las cenizas totales sufrieron disminución estadísticamente significativa de -26% a los 20 días de almacenamiento, se mantuvieron estables entre los 20 y 80 días e incrementaron significativamente entre 80 y 100 días de almacenamiento, los contenidos de sodio, potasio, magnesio, calcio y fosforo no presentaron variaciones estadísticamente significativas

Por otra parte, el análisis de correlación no demostró ninguna relación entre la dureza de frijol sin remojar y la dureza del frijol remojado con las variables analizadas durante el presente estudio, mientras que los tiempos de cocción (de frijol sin remojar y frijol remojado) presentaron correlación con buen ajuste entre estos y la humedad del grano, índice de color (negativa), sólidos liberados durante el remojo, polifenoles totales (negativa) y contenido de fósforo total



## 9 DISCUSION DE RESULTADOS

Durante el presente estudio, fue necesario el desarrollo de dos metodos para análisis físicos del grano de frijol, el primero fué para determinar el porcentaje de absorción de agua y el segundo para determinar la variacion de color de las aguas de remojo. El porcentaje de absorcion de agua, corregido por Jackson y Varriano (9)

$$AAC = (P1 - P2 + Ps) 100 / Pfs$$

en donde

- AAC = porcentaje de absorción de agua corregido
- P1 = peso del grano postremojado
- p2 = peso inicial del grano utilizado
- Ps = peso de sólidos liberados durante el remojo
- Pfs = peso de frijol utilizado en base seca

considera la pérdida de sólidos ocurrida durante el remojo, pero no considera el agua no absorbida por el grano, atrapada entre la cáscara y el cotiledón. Por esta razón, se hizo necesario el desarrollo de una metodología que considerara ambas correcciones. La metodología desarrollada, consistio en cortar los granos de frijol remojados y centrifugarlos a 2500 rpm durante 10 minutos (con papel absorbente), posteriormente, se determinó en el horno de vacío la humedad de los granos centrifugados. De esta manera, el porcentaje de absorción de agua corregido se obtuvo de

$$AAC = \frac{\%H1}{(100 - \%H1) + \frac{(100 - \%H1) \%S}{(100 - \%S)}}$$

en donde: AAC = porcentaje de absorcion de agua corregido  
 %H1 = humedad del grano postremojado  
 %S = porcentaje de sólidos liberados durante el remojo

lo cual nos indica el porcentaje real de absorción de agua - que ha sufrido el grano Durante los 100 días que duró el presente estudio, en las condiciones de baja humedad (baja y alta temperatura) la terdercia de dicho valor fué a mantener se estable, mientras que en la condición de alta humedad, se presento un descenso continuado, el cual no fué estadística mente significativo Estos resultados concuerdan con los ob tenidos por Jackson y Varriano-Marston (9), quienes no encn traron diferencias significativas en la absorción de agua

El segundo parametro desarrollado para la presente in vestigación fué el índice de color, el cual mide la variación del color en las aguas de remojo Esta es una medida empíri ca que relaciona la absorbancia de las aguas de remojo con el peso de frijol utilizado (libre de numedad) Observaciones hechas en el presente estudio, demostraron que al acidificar las aguas de remojo (con HCl 1%) en relacion 1 24, se desa rrolla una coloracion roja que exhibe su máximo de absorcion a 520 nm Se observó que la intensidad de color disminuía - proporcionalmente al tiempo de almacenamiento del frijol, por lo que surgio la idea de que podría existir alguna relación entre la intensidad de la coloración y el tiempo de coccion

y /o la dureza del grano Las aguas de remojo se obtuvieron de 50 gr de frijol en 150 ml de agua, tomando de la solución resultante 1 ml y aforandolo a 25 ml con Hcl al 1%, se observó su absorbarcia a 520 nm Debido a que la humedad de las distintas muestras vario a lo largo del estudio, se necesito hacer corrección por humedad

$$IC = Ab_{(520nm)} \cdot 25 \cdot 100 / \text{Peso seco de frijol}$$

en donde IC= índice de color

Para este análisis, no se redujo la humedad de las muestras, debido a que las antocianinas (pigmentos responsables de la coloración del grano (22)) son susceptibles a la degradación por calor (34), lo cual podría introducir variaciones en el índice de color no debidas al almacenamiento Los resultados obtericos para el indice de color parecen ser prometedores para el desarrollo de una metodología de seleccion por calidad de frijol, ya que se obtuvo buena correlación entre este y el tiempo de cocción del frijol sin remojar y remojado (-C 93612 y -C 96295,  $p < 0.05$ , respectivamente) Dichas correlaciones presentan una respuesta inversamente proporcional entre dichas variables

Este descenso de la intersidad de color en las aguas de remojo, puede ser el resultado de reacciones de las antocia-

ninas en la cáscara, induciendo su pérdida de solubilidad en agua y de allí el descenso de estas en las aguas de remojo. Debe tenerse cuidado de no mal interpretar estos resultados, puesto que no se sabe exactamente que pasa con las antocianinas en la cáscara del frijol (ya que el grano no pierde color, como sería de esperarse al degradarse las antocianinas), de manera que solo se puede plantear algunas hipótesis, tales como

- Polimerización interpigmentos, lo cual produciría un polímero coloreado (34), que explicaría el oscurecimiento del grano observado por Dos Santos y Bourne (5), ó
- Reacción de los pigmentos con Taninos, Azúcares y otros componentes del grano

que deberán someterse a estudios posteriores. Por lo pronto, solo podemos asegurar que los pigmentos pierden su solubilidad a lo largo del almacenamiento.

Por otro lado, se observó que el frijol almacenado a alta temperatura-alta humedad incrementa la cantidad de sólidos liberados durante el remojo, esto podría atribuirse al rompimiento de las células de frijol debido a la presión osmótica, a la cual se ven expuestas durante el remojo, como consecuencia de la pérdida de elasticidad durante el almacenamiento (10)

La cantidad de sólidos liberados durante el remojo presento buena correlación con el tiempo de cocción del frijol sin remojar y remojado ( $r = 0.88439$  y  $r = 0.84202$ ,  $p < 0.05$ , respectivamente) En los sólidos liberados durante el remojo se analizó el contenido de Azúcares totales, nitrógeno total, polifenoles totales y cenizas totales

De dichos análisis, solamente los polifenoles presentaron buena correlación con los tiempos de cocción del frijol sin remojar y remojado ( $r = -0.79989$  y  $r = -0.85624$ ,  $p < 0.05$ , respectivamente) Por otro lado, se observó que los polifenoles correlacionaron con la humedad del grano ( $r = -0.82787$ ,  $p < 0.05$ ) Por la variación del contenido de polifenoles en las aguas de remojo del frijol almacenado a Baja temperatura-Baja humedad y Alta temperatura-Baja humedad, podría pensarse que los polifenoles están en constante actividad dentro del grano, perdiendo e incrementando su solubilidad, mientras que el frijol almacenado a Alta temperatura-Alta humedad, solo sigue un camino la pérdida de solubilidad Dicha actividad, de los polifenoles, aparentemente es proporcional a la humedad del grano

Sievwright y Shipe (4) proponen que a bajas temperaturas los polifenoles están en continua formación, debido a la actividad fisiológica, utilizando para el efecto pequeñas mo

leculas no fenólicas, mientras que a altas temperaturas estos comienzan a disminuir, ya que se produce enlazamiento con macromoléculas. Esto podría explicar el comportamiento de los polifenoles en las aguas de remojo, ya que en las condiciones de baja humedad, podría darse paralelamente la síntesis y el enlazamiento (con macromoléculas) de los polifenoles, mientras que con alta humedad en el grano, parece ser que la velocidad de enlazamiento supera la velocidad de síntesis, produciéndose el rápido descenso de estos, reflejándose en la variación de su concentración en las aguas de remojo.

Por otro lado, el análisis de nitrógeno total en los sólidos liofilizados obtenidos del frijol almacenado a Temperatura alta-humedad alta, presenta un descenso significativo durante los primeros 30 días de almacenamiento e incremento a partir de los 40 días (incremento que podría estar asociado con el crecimiento fúngico). El descenso de nitrógeno puede atribuirse a la participación de los compuestos nitrogenados en los procesos bioquímicos del grano, especialmente en el proceso de lignificación (6), sin embargo no se obtuvo ninguna correlación entre la dureza de corte (del frijol sin remojar y del frijol remojado) con el contenido de nitrógeno total. Esto podría deberse a

- Independencia del proceso de lignificación (por ende de la

dureza del grano) con el contenido de nitrógeno total, y  
- Errores metodológicos, puesto que al endurecerse el grano,  
mas que la fuerza de corte se esta midiendo la fuerza nece-  
saria para fracturar el grano, la cual podría ser menor

Si comparamos los resultados obtenidos durante el presen  
te estudio con los obtenidos por Molina y colaboradores (12),  
podremos notar que la dureza del grano incrementa proporcio--  
nalmente al tiempo de almacenamiento, de manera que el error  
metodológico puede ser el responsable de los resultados obte-  
nidos Por otro lado, se esperaba diferenciar el nitrógeno -  
proteínico del nitrógeno no proteínico, pero la metodologia -  
propuesta (6 4 10, pag 23) de precipitación de la proteína =  
con Acido tricloroacético no dió buenos resultados, ya que -  
las soluciones expuestas al agente precipitante, continuaron  
el proceso de precipitación aun depues de 4 dias de agregado  
el mismo y a la vez se produjeron resultados intramuestrales  
no reproducibles Se utilizaron otros agentes precipitantes,  
obteniendo los mismos resultados y los metodos espectrofoto-  
metricos no son funcionales, debido a la interferencia de los  
polifenoles

En posterior revisión bibliografica, Bell (42) indica --  
que los métodos de precipitación de proteína son utiles unica-  
mente cuando el tamaño de la proteína es homogéneo, de manera

que se podría pensar que la proteína en los sólidos liofilizados es de tamaño heterogéneo, o bien que el nitrógeno presente es exclusivamente de origen no proteínico como lo expone Kon (10) Al respecto no se puede hacer ninguna afirmación hasta no desarrollar un estudio profundo de los compuestos nitrógenados en las aguas de remojo

Por último, el incremento en la liberación de fósforo por parte del frijol almacenado a temperatura alta-humedad alta puede estar relacionado con la acción de la Fitasa, la cual hidroliza los compuestos organofosforados liberando fosfatos inorgánicos, ya que las condiciones del grano favorecen la actividad de dicha enzima (alta humedad y alta temperatura) El contenido de fósforo en las aguas de remojo correlaciona muy bien con el tiempo de cocción del frijol sin remojar y el tiempo de cocción del frijol remojado (C 9641 y C 9730 respectivamente)



## 10 CONCLUSIONES

- Se desarrollo el parámetro INDICE DE COLOR el cual correlacionó con buen ajuste con el tiempo de cocción (segun - Mattson) ( $r = -0.9361$ ,  $p < 0.05$ )
- El color de las aguas de remojo del frijol almacenado bajo condiciones de laboratorio disminuye proporcionalmente al tiempo de almacenamiento del frijol
- Las aguas de remojo a pH inferior a 3 presenta coloración roja con máximo de absorción en la region visible a 520 nm
- Análisis químicos de las aguas de remojo demostraron la presencia de nitrógeno, azúcares, polifenoles, cenizas, sodio, potasio, magnesio, calcio y fósforo. No fué posible diferenciar entre nitrógeno no proteínico y nitrógeno proteínico
- La cantidad de sólidos liberados durante el remojo, del frijol expuesto a condiciones de almacenamiento acelerado, aumenta en forma proporcional al tiempo de almacenamiento, y se mantiene invariable en el frijol almacenado a baja humedad
- El tiempo de cocción del frijol es proporcional a la humedad del grano, al porcentaje de sólidos y al contenido de fosforo en las aguas de remojo, y es inversamente proporcional al índice de color y al contenido de polifenoles en las aguas de remojo

- El método desarrollado para determinar el porcentaje de absorción de agua (en el presente estudio) dió resultados -- que concuerdan con los obtenidos por Jackson y Varriano-Warston (9)
- La dureza de corte del frijol no correlaciono con ninguno de los parámetros químicos determinados en la presente investigación
- El contenido de polifenoles en las aguas de remojo del frijol almacenado en condiciones de laboratorio, es inversamente proporcional a la humedad del grano ( $r = -0.8279$ ,  $p < 0.05$ )

## 11 RECOMENDACIONES

- El índice de color de las aguas de remojo parece ser la base para desarrollar la metodología de selección por calidad de grano de frijol durante el almacenamiento, para lo cual se recomienda
  - a) aislar y caracterizar los pigmentos responsables de la coloración del frijol, para cambiar el valor empírico del índice de color por el valor del contenido de pigmento en las aguas de remojo, y
  - b) desarrollar un banco de datos de tiempo de cocción e índice de color, para validar la metodología
- Investigar el contenido de proteína en los sólidos liofilizados de las aguas de remojo, mediante técnicas de exclusión en gel, diálisis y otras, que puedan esclarecer la presencia o ausencia total de proteína en las aguas de remojo
- Investigar si existe alguna correlación entre la densidad de las aguas de remojo y el tiempo de cocción del frijol

12 REFERENCIAS

- 1 Bressani R Legumes in human diet and how they might be improved, in Nutritional Improvement of Food Legume by Breeding Protein Advisory Group of the United Nation System United Nation, New York 1973
- 2 Bres ari R El significado alimentario y nutricional del endurecimiento del frijol Archivos Latinoamericanos de nutrición 1982 XXXII 308-325
3. Kol-na P, De la Fuente G y Bressani R Interrelationships between storage, soak time, cooking time, nutritive value and other characteristics of the black bean J Food Scie 1975, 40(1) 587-588
- 4 Siev #right C y Shipe F Effects of storage conditions and chemical treatments on firmness, in vitro protein digestibility, condensed tannins, phytic acid and divalent cations of cooked beans J Food Scie 1986, 51(4) 983-985
- 5 Dos Santos R y Bourne M Effects of storage conditions of dry beans seeds on texture profile parameters after cooking J Food Scie 1985, 50(4) 1067-1069
- 6 Hohlber A y Stanley D Hard to cook defects in black beans Protein and Starch J Agric and Food Chem 1987,35(4) 571-576
- 7 Hincks M, Mc Cannel A y Stanley D Hard to cook defects in

- black beans Soaking and Cooking processes J Agric and Food Chem. 1987, 35(4) 576-583
- 8 Munelta F The cooking time of dry beans after extended storage. Food Tech 1964, 18(4) 1240-1243
- 9 Jackson M y Variiano E Hard to cook phenomen in beans Effects of accelerated storage on water absorption and cooking time J Food Scie 1981, 46(1) 799-803
- 10 Von S Effects of soaking temperature on cooking and nutritional quality of beans J Food Scie 1979, 44(1) 1329-1340
- 11 Sgarbiero V, Antunez F y Almeida I Nutritional evaluation of four varieties of dry beans (P vulgaris) J Food Scie 1979, 44 1306-1309
- 12 Molina R et al Heat treatments A process to control the development of the hard to cook phenomenon in black beans (P. vulgaris) J Food Scie 1976, 41 661-666
- 13 Alcahe B El papel de los taninos y polifenoles asociados sobre el mecanismo de endurecimiento del frijol común (P vulgaris) durante el almacenamiento Tesis químico biológico USAC-INCAF 1981
- 14 Alvarez M Interrelaciones entre tiempo de remojo, tiempo de cocción y otras características físicas y químicas del frijol (P vulgaris) recién cosechado y almacenado en con

- diciones ambientales de El Salvador Tesis Químico Agrícola Universidad Centroamericana José Simeon Cañas 1985
- 14a. Food and Agriculture Organization of the United Nation  
Provisional food balance sheets, 1972-1974 average Roma  
F A C , 1977
- 15 Elias I et al Composición química y valor nutritivo de  
algunas leguminosas er grano Separada de Turrialba 1976,  
26(4) 375-380
- 16 Wilkes M ed A new assesment of needed research Off  
prints from Nutritional Improvement of legumes by Breeding  
John Willey & Soon, 1975
- 17 Bressani R, Elias I y Navarrete D Nutritive values of  
Central American Beans IV The essential amino acids con-  
tents of samples of black beans, red beans and cowpeas of  
Guatemala Publicaciones INCAP 1961, 179
- 18 Takayama F, Munetta P y Wiese A Lipid composition of  
dry beans its correlation with cooking time J Agr Food  
Chem 1965, 13(3) 269-271
- 19 Evans J y Bouer D Studies of the poor utilization by  
rats of methionine and cystine en heated dry beans seeds  
(P vulgaris) J Agr Food Chem 1978, 26(4)
- 20 Antunes F, Sgarbieri V y Garrute R Nutrifcation of dry  
beans (P vulgaris) by metionine infusion J Food Scie

- 1979, 44(4) 1302-1305
- 21 Conn E Cyanogenics glycosides J Agr Food Chem. 1969, 17(3) 519-522
  - 22 Elias L, Fernandez D y Bressani P Possible effects of seed coat polyphenolics on the nutritional quality of bean protein J Food Scie 1979, 44(2) 524-527
  - 23 Naucere N, Jacks T y Sumrell G Interaction of globular protein with simple polyphenols J Agr Food Chem. 1976, 26(1) 214-216
  - 24 Gonzalez D estudio sobre las posibles relaciones entre los pigmentos en la cáscara de frijol y el valor nutritivo de este Tesis Magister Scientifical INCAF-USAC 1975
  - 25 Moreno-Martinez E, Ramirez J y Cárdenas F Studies of the effect of storaging on the hardening of grain of various types of beans (P vulgaris) in Mexico Proceeding of the second workshop held in Antigua, Guatemala 1-7 de Junio 1986 Elias L y Edwardson , ed IDRC-IR 157 179
  26. Wincks M y Stanley D Multiple mechanisms of bean hardening Proceeding of the second workshop held in Antigua, Guatemala 1-7 de Junio 1986 Elias L y Edwardson # Ed IDRC-IR 157 18
  - 27 Bourne M Size, density and hard shell in dry beans Food Tech 1967, 21(3) 335-337

- 28 Deutro J Nutritional aspects of common beans and other legumes seed as animal and human food Proceeding of a Meeting hel in Ribeiro Preto Nov 1973 Horner J ed
- 29 Roddy N y Salunkhe D Interactions between phytate, protein and mineral in Whey fraction of black gram J Food Scie 1981, 46(1) 564-567
- 30 Kon S Pectic substances of dry beans and their possible correlations with cooking time J Food Scie 1968, 33(1) 437-438
- 31 Crean D y Heisman D The interactions between phytic acid and divalent cations during the cooking of dry Peas J Food Agrc 1963, 14(1) 824-833
- 32 Larece L, Garcia A y Bressani R Comparison of methods to measure the hard-to-cook phenomenc inecito
- 33 Elias L Conocimientos actuales sobre el problema de endu recimiento del frijol Procedente del simposium sobre "El proceso de endurecimiento del frijol XXVII<sup>2</sup> Reunion anual del programa de Centro America para el me, creamiento de cultivos alimenticios Re, Dominicana 1981
- 34 Jackman R y Yoda R Anthocyanins as food colorants A Review J Food Biochem 1987, 11(3) 201-247
- 35 Daravingas G y Cain R Thermal degradation of black rasp berry anthocyanins Pigments in model systems J Food Scie



- 1968, 33(1) 138-140
36. Debicke-Pospisil J et al Anthocyanins degradation in presence of furfural and 5-hydroxymethyl furfural J Food Scie 1983, 48(1) 411-416
- 37 Francis F Anthocyanins as food colors Food Tech 1975, 29(1) 52-57
38. Laurence A, Von Den T y Mendoza E Effects of condensed tannins on the vitro protein digestibility of cowpeas (Vigna unguiculata (L) wolf) J. Agric Food Chem 1984, 32(5) 1045-1048
39. American Association of Cereal Chemists Cereal Laboratory methods 7 ed U S A American Association of Cereal Chemists Inc , 1962
40. Dubois M, Gilles K y Hamilton K Colorimetric method for determination of sugar and related substances Anal Chem 1956, 28 350-356
- 41 Folin D y Denis V On phosphotungstic-phosphomolibdic compounds as color reagent J Biol Chem 1912a, 12 239-242
- 42 Bell Pamela A critical study of methods for the determination of non-protein nitrogen Anal Biochem 1963, 5 443-451

13. Anexos

Cuadro No. 1	Análisis de varianza de parámetros físicos del grano de frijol
Cuadro No 2	Análisis de varianza de parámetros químicos de los sólidos liofilizados de las aguas de remojo
Cuadro No. 3	Comparación múltiple de medias para parámetros físicos del grano de frijol en función de la condición de almacenamiento
Cuadro No 4	Comparación múltiple de medias para parámetros químicos de los sólidos liofilizados de las aguas de remojo en función de la condición de almacenamiento
Cuadro No 5	Coefficientes de correlación de Pearson
Tabla No. 1 a	Comparación múltiple de medias de los parámetros estudiados durante la presente investigación
Tabla No 16	

CUADRO No 1 Análisis de varianza de parámetros físicos del grano de frijol

Fuentes de variación	VARIABLES FISICAS							
	Tiempo de cocción de frijol sin remojar	Tiempo de cocción de frijol re mojado	Dureza de frijol sin remojar	Dureza de frijol re mojado	Absorción de agua	Índice de color de las aguas de remojo	Porcentaje de sólidos liberados durante el remojo	Humedad del grano de frijol
TRATAMIENTOS	*	*	*	*	N S	*	*	*
MUESTREO	*	*	*	*	*	*	*	*
TRATAMIENTO*MUESTREO	*	*	*	*	N S	*	*	*

\* = significancia estadística  $p < 0.05$   
 N S = no significancia estadística  $p > 0.05$

CUADRO No 2 Análisis de varianza de parámetros químicos de los sólidos liofilizados de las aguas de remojo de frijol

VARIABLES QUIMICAS

Fuentes de variación	Nitrógeno total	Polfenoles totales	Azúcares totales	Cenizas totales	Sodio total	Potasio total	Magnesio total	Calcio total	Fósforo total	Hierro total
TRATAMIENTOS	*	*	*	*	N S	*	N S	*	*	N S
MUESTREO	*	*	*	*	*	*	*	*	*	N S
TRATAMIENTO*MUESTREO	*	*	*	*	*	*	*	*	*	N S

\* = significancia estadística p 0 05  
 N S = no significancia estadística p 0 05

CUADRO No 3 Comparación múltiple de medias según Tuckey (p=0.05) para parámetros físicos del grano de frijol en función de la condición de almacenamiento

VARIABLES DE RESPUESTA  
(parámetros físicos)

TRATAMIENTOS	Tiempo de cocción de frijol sin remojar (min)	Tiempo de cocción de frijol re- mojado (min)	Dureza de frijol sin remojar (Nts)	Dureza de frijol re- mojado (Nts)	Absorción de agua (%)	Sólidos libe- rados duran- te el remojo (%)	Índice de color de las aguas de remojo (%)	Humedad del gra- no (%)
Temperatura alta humedad baja	83 92±5 92 B	47 58±3 40 B	84 24± 9 91 B	25 79±2 83 A	115 76±5 33	0 778±0 144 B	17 48±1 68 B	10 46±0 40 C
Temperatura baja humedad baja	77 50±4 06 C	43 75±3 08 C	87 30± 9 27 B	26 02±2 58 A	114 63±5 28	0 753±0 211 B	18 06±1 66 A	10 68±0 40 B
Temperatura alta humedad alta	115 42±46 1 A	103 50±46 1 A	104 47±19 53 A	24 52±3 10 B	119 44±5 99	4 054±2 490 A	14 40±6 39 C	16 60±3 46 A

Nota Los promedios con igual letra son estadísticamente iguales (p 0.05)

CUADRO No 4 Comparación múltiple de medias según Tuckey (p=0.05) para parámetros químicos de los sólidos liofilizados de las aguas de remojo

VARIABLES DE RESPUESTA  
(parámetros químicos)

TRATAMIENTOS	Nitrógeno total (%)	Polifenoles totales (%)	Azúcares totales (%)	Cenizas totales (%)	- sodio - total (%)	potasio- total (%)	-magnesio- total (%)	-calcio- total (%)	fósforo total (%)
Temperatura alta humedad baja	3 42±0.11 A	13 66±0.75 B	40 7±3.8 B	26 3±3.8 B	0 14±0.05	9 97±0.40 A	0 88±0.05	0 44±0.03 A	0 92±0.07 B
Temperatura baja humedad baja	3 33±0.07 B	14 03±0.53 A	41 6±3.8 B	25 5±3.4 B	0 17±0.05	10 23±0.64 A	0 91±0.05	0 45±0.04 A	0 89±0.06 B
Temperatura alta humedad alta	2 94±0.32 C	6 35±4.51 C	45 1±7.5 A	32 2±4.8 A	0 13±0.07	9 20±0.98 B	0 83±0.22	0 32±0.07 B	1 65±0.86 A

Nota Los promedios con igual letra son estadísticamente iguales (p < 0.05)

CUADRO No 5 Coeficientes de correlación de Pearson

	Absorción de agua	Indice de color de las aguas de remojo	Porcentaje de sólidos liberados	Humedad del grano de frijol	Nitrógeno en las aguas de remojo	Fenoles en las aguas de remojo	Cenizas en las aguas de remojo	Sodio en las aguas de remojo	Potasio en las aguas de remojo	Magnesio en las aguas de remojo	Calcio en las aguas de remojo	Fósforo en las aguas de remojo
Dureza de frijol sin remojar	0 2895	0 0138	0 2498	0 4288	-0 6213	-0 4232	0 2375	0 0640	-0 4598	-0 5716	-0 5593	0 0544
Dureza de frijol remojado	-0 1816	0 0738	-0 3446	-0 2276	0 2822	0 2941	-0 2650	0 1075	0 1725	-0 1666	0 1293	0 2652
Tiempo de cocción de frijol sin remojar	0 2621	-0 9361	0 8420	0 8505	-0 1515	-0 7999	0 3583	-0 4133	-0 1125	0 4645	0 5891	0 9641
Tiempo de cocción de frijol remojado	-0 1553	0 9030	0 8844	0 9197	-0 2623	-0 8562	0 4302	-0 4225	-0 1857	0 3795	0 6570	0 9730

TABLA No 1 Comparacion multiple de medias, según Tuckey ( $p=0.05$ ), para el tiempo de cocción del frijol sin remojar en funcion de la interacción TRATAMIENTO MUESTREC

Tiempo de almacenamiento (días)	TRATAMIENTO		
	Alta temperatura baja humedad	Baja temperatura baja humedad	Alta temperatura alta humedad
0	75 $\pm$ 3 CD	75 $\pm$ 3 CD	75 $\pm$ 3 CD
0	-----	-----	73 $\pm$ 3 CD
20	81 $\pm$ 3 CD	81 $\pm$ 3 CD	95 $\pm$ 10 C
30	-----	-----	119 $\pm$ 1 B
40	82 $\pm$ 6 CD	72 $\pm$ 1 D	129 $\pm$ 1 B
60	87 $\pm$ 4 CD	80 $\pm$ 3 CD	202 $\pm$ 19 A
80	88 $\pm$ 3 CD	79 $\pm$ 1 CD	-----
100	90 $\pm$ 0 CD	80 $\pm$ 3 CD	-----

Nota los promedios con igual letra, son estadísticamente iguales ( $p < 0.05$ )



TABLA No. 2. Comparación múltiple de medias, según Tukey ( $\alpha=0.05$ ), para el tiempo de cocción del frijol remojado en función de la interacción TRATAMIENTO MUESTREO

Tiempo de almacenamiento (días)	TRATAMIENTO		
	Alta temperatura baja humedad	Baja temperatura baja humedad	Alta temperatura baja humedad
0	47 $\pm$ 1 EF	47 $\pm$ 1 EF	47 $\pm$ 1 EF
10	----	----	55 $\pm$ 2 E
20	46 $\pm$ 3 EF	46 $\pm$ 1 EF	82 $\pm$ 7 D
	----	----	98 $\pm$ 4 C
40	43 $\pm$ 1 EF	45 $\pm$ 1 EF	126 $\pm$ 4 B
60	49 $\pm$ 3 EF	39 $\pm$ 4 F	201 $\pm$ 19 A
80	52 $\pm$ 1 EF	44 $\pm$ 1 EF	----
100	49 $\pm$ 1 EF	43 $\pm$ 2 EF	----

Nota los promedios con igual letra, son estadísticamente iguales ( $\alpha < 0.05$ )

TABLA No 3 Comparación múltiple de medias, según Tuckey ( $p=0.05$ ), para la dureza del grano de frijol sin remojar en función de la interacción TRATAMIENTO MUESTREO

Tiempo de almacenamiento (días)	TRATAMIENTO		
	Alta temperatura baja humedad	Baja temperatura baja humedad	Alta temperatura alta humedad
0	83 54 $\pm$ 5 89 BCDEF	83 54 $\pm$ 5 89 BCDEF	83 54 $\pm$ 5 89 BCDEF
10	-----	-----	127 12 $\pm$ 3 65 A
20	92 64 $\pm$ 5 49 BCDE	81 11 $\pm$ 2 75 CDEF	131 21 $\pm$ 8 92 A
	-----	-----	101 86 $\pm$ 3 09 B
40	77 89 $\pm$ 1 01 DEF	99 99 $\pm$ 1 57 B	91 06 $\pm$ 6 47 BCDEF
60	78 42 $\pm$ 4 73 DEF	74 33 $\pm$ 3 50 EF	92 04 $\pm$ 0 86 BCDEF
80	73 73 $\pm$ 1 89 F	92 07 $\pm$ 1 29 BCDEF	-----
100	99 22 $\pm$ 5 39 BC	92 78 $\pm$ 4 24 BCD	-----

Nota los promedios con igual letra, son estadísticamente iguales ( $p < 0.05$ )

TABLA No 4 Comparación múltiple de medias, según Tuckey ( $p=0.05$ ), para la dureza del grano de frijol remojado en función de la interacción TRATAMIENTO MUESTREO

Tiempo de almacenamiento (días)	TRATAMIENTO		
	Alta temperatura baja humedad	Baja temperatura baja humedad	Alta temperatura baja humedad
0	22 86 $\pm$ 3 10 CD	22 86 $\pm$ 3 10 CD	22 86 $\pm$ 3 10 CD
10	-----	-----	29 46 $\pm$ 5 08 A
20	30 15 $\pm$ 5 86 A	25 35 $\pm$ 3 31 CD	25 32 $\pm$ 4 53 CD
30	-----	-----	24 13 $\pm$ 3 69 D
40	24 35 $\pm$ 3 67 D	28 63 $\pm$ 4 18 AB	19 70 $\pm$ 3 26 E
60	25 06 $\pm$ 4 19 D	23 93 $\pm$ 3 18 D	25 65 $\pm$ 3 03 BCD
80	23 81 $\pm$ 4 26 D	29 47 $\pm$ 4 97 A	-----
100	28 52 $\pm$ 3 19 ABC	25 84 $\pm$ 3 83 BCD	-----

Nota los promedios con igual letra, son estadísticamente iguales ( $p < 0.05$ )

TABLA No. 5 Comparación múltiple de medias, según Tuckey ( $\alpha=0.05$ ), para el porcentaje de sólidos liberados durante el remojo en función de la interacción TRATAMIENTO MUESTREO

Tiempo de almacenamiento (días)	TRATAMIENTO		
	Alta temperatura baja humedad	Baja temperatura baja humedad	Alta temperatura alta humedad
0	1 031 $\pm$ C 009 CD	1 031 $\pm$ 0 009 CD	1 031 $\pm$ 0 009 CD
10	-----	-----	1 571 $\pm$ C 081 C
20	0 826 $\pm$ 0 020 D	0 739 $\pm$ 0 067 D	2 566 $\pm$ 0 186 B
30	-----	-----	6 275 $\pm$ 0 211 A
40	0 741 $\pm$ 0 115 D	0 457 $\pm$ C 074 D	6 304 $\pm$ 0 460 A
60	0 653 $\pm$ 0 050 D	0 546 $\pm$ 0 027 D	6 577 $\pm$ 0 351 A
80	0 632 $\pm$ C 032 D	0 899 $\pm$ C 015 D	-----
100	0 782 $\pm$ 0 031 D	0 843 $\pm$ C 059 D	-----

Nota los promedios con igual letra, son estadísticamente iguales ( $\alpha < 0.05$ )

TABLA No. 6. Comparación múltiple de medias, según Tuckey ( $\alpha = 0.05$ ), para el índice de color de las aguas de remojo en función de la interacción TRATAMIENTO MUESTREO

Tiempo de almacenamiento (días)	TRATAMIENTO		
	Alta temperatura baja humedad	Baja temperatura baja humedad	Alta temperatura alta humedad
0	20 73 $\pm$ 0 51 A	20 73 $\pm$ 0 51 A	20 73 $\pm$ 0 51 A
10	-----	-----	19 38 $\pm$ 0 20 A
	16 18 $\pm$ 0 52 CD	16 34 $\pm$ 0 04 BC	17 33 $\pm$ 0 09 BC
30	-----	-----	14 70 $\pm$ 0 04 D
40	16 95 $\pm$ 0 77 BC	17 35 $\pm$ 0 40 BC	11 62 $\pm$ 0 82 E
60	17 56 $\pm$ 0 06 BC	16 88 $\pm$ 0 98 BC	2 49 $\pm$ 0 11 F
80	17 22 $\pm$ 0 25 BC	19 29 $\pm$ 0 42 A	-----
100	16 44 $\pm$ 0 20 BC	17 63 $\pm$ 0 17 B	-----

Nota los promedios con igual letra, son estadísticamente iguales ( $\alpha < 0.05$ )

TABLA No. 7 Comparación múltiple de medias, según Tuckey ( $p=0.05$ ), para la humedad del grano post-almacenado en función de la interacción TRATAMIENTO MUESTREO

Tiempo de almacenamiento (días)	TRATAMIENTO		
	Alta temperatura baja humedad	Baja temperatura baja humedad	Alta temperatura alta humedad
0	11 07 $\pm$ 0 11 F	11 07 $\pm$ 0 11 F	11 07 $\pm$ 0 11 F
10	-----	-----	14 88 $\pm$ 0 10 E
20	10 18 $\pm$ 0 03 KJ	10 19 $\pm$ 0 07 KJ	15 54 $\pm$ 0 46 D
30	-----	-----	17 92 $\pm$ 0 28 C
40	9 95 $\pm$ 0 14 K	10 66 $\pm$ 0 06 GHI	18 49 $\pm$ 0 01 B
60	10 32 $\pm$ 0 06 IJK	10 56 $\pm$ 0 05 GHIJ	21 68 $\pm$ 0 09 A
80	10 47 $\pm$ 0 04 HIJ	10 65 $\pm$ 0 06 GHI	-----
100	10 80 $\pm$ 0 01 FGH	10 93 $\pm$ 0 06 FG	-----

Nota los promedios con igual letra, son estadísticamente iguales ( $p < 0.05$ )

TABLA No. 8 Comparación múltiple de medias, según Tuckey ( $p=0.05$ ), para el contenido de nitrógeno total en los sólidos liofilizados de las aguas de remojo en función de la interacción TRATAMIENTO MUESTREO

Tiempo de almacenamiento (días)	TRATAMIENTO		
	Alta temperatura baja humedad	Baja temperatura baja humedad	Alta temperatura baja humedad
0	3 228 $\pm$ 0 063 C	3 228 $\pm$ C 063 C	3 228 $\pm$ 0 063 C
10	-----	-----	2 918 $\pm$ 0 105 D
20	3 569 $\pm$ 0 043 A	3 420 $\pm$ 0 038 ABC	2 655 $\pm$ C 026 EF
30	-----	-----	2 582 $\pm$ 0 070 F
40	3 422 $\pm$ 0 066 ABC	3 404 $\pm$ 0 025 ABC	2 843 $\pm$ 0 067 DE
60	3 419 $\pm$ 0 034 ABC	3 378 $\pm$ 0 063 ABC	3 429 $\pm$ C 064 ABC
80	3 430 $\pm$ 0 019 ABC	3 275 $\pm$ 0 094 BC	-----
100	3 470 $\pm$ 0 044 AB	3 290 $\pm$ 0 052 BC	-----

Nota los promedios con igual letra, son estadísticamente iguales ( $p < 0.05$ )

TABLA No 9. Comparación múltiple de medias, según Tuckey ( $\alpha=0.05$ ), para el contenido de polifenoles totales en los sólidos liofilizados de las aguas de remojo en función de la interacción TRATAMIENTO MUESTREO

Tiempo de almacenamiento (días)	TRATAMIENTO		
	Alta temperatura baja humedad	Baja temperatura baja humedad	Alta temperatura alta humedad
0	13 83 $\pm$ 0 31 BCD	13 83 $\pm$ 0 31 BCD	13 83 $\pm$ 0 31 BCD
10	-----	-----	10 14 $\pm$ 0 11 F
20	14 43 $\pm$ 0 26 ABC	13 48 $\pm$ 0 32 CDE	6 20 $\pm$ 0 25 G
30	-----	-----	2 78 $\pm$ 0 06 H
40	14 49 $\pm$ 0 18 AB	14 83 $\pm$ 0 35 A	2 65 $\pm$ 0 05 H
60	13 58 $\pm$ 0 27 BCD	14 27 $\pm$ 0 35 ABC	2 49 $\pm$ 0 14 H
80	13 09 $\pm$ 0 30 DE	13 78 $\pm$ 0 12 BCD	-----
100	12 53 $\pm$ 0 14 E	13 96 $\pm$ 0 38 ABCD	-----

Nota los promedios con igual letra, son estadísticamente iguales ( $\alpha < 0.05$ )



TABLA No 10 Comparación múltiple de medias, según Tuckey ( $p=0.05$ ), para el contenido de azúcares totales en los sólidos liofilizados de las aguas de remojo en función de la interacción TRATAMIENTO MUESTREO

Tiempo de almacenamiento (días)	TRATAMIENTO		
	Alta temperatura baja humedad	Baja temperatura baja humedad	Alta temperatura alta humedad
0	47 12 $\pm$ 1 32 B	47 12 $\pm$ 1 32 B	47 12 $\pm$ 1 32 B
10	-----	-----	46 28 $\pm$ 1 10 B
20	36 28 $\pm$ 1 61 EF	40 85 $\pm$ 1 35 CDE	53 55 $\pm$ 1 64 A
30	-----	-----	54 87 $\pm$ 1 13 A
40	42 12 $\pm$ 2 22 BCD	42 18 $\pm$ 1 57 BCD	41 96 $\pm$ 0 67 BCD
60	43 82 $\pm$ 1 76 BC	42 70 $\pm$ 1 05 BC	33 52 $\pm$ 0 83 F
80	37 86 $\pm$ 0 28 CDEF	37 49 $\pm$ 1 75 DEF	-----
100	37 93 $\pm$ 0 30 CDEF	40 21 $\pm$ 1 79 CDE	-----

Nota los promedios con igual letra, son estadísticamente iguales ( $p < 0.05$ )

TABLA No 11 Comparación múltiple de medias, según Tuckey ( $p=0.05$ ), para el contenido de cenizas totales en los sólidos liofilizados de las aguas de remojo en función de la interacción TRATAMIENTO MUESTREO

Tiempo de almacenamiento (días)	TRATAMIENTO		
	Alta temperatura baja humedad	Baja temperatura baja humedad	Alta temperatura alta humedad
0	30 81 $\pm$ 1 37 BCDE	30 81 $\pm$ 1 37 BCDE	30 81 $\pm$ 1 37 BCDE
10	-----	-----	33 38 $\pm$ 3 14 B
20	29 66 $\pm$ 0 31 BCDEF	22 83 $\pm$ 0 54 GH	25 17 $\pm$ 0 08 DEFGH
30	-----	-----	40 32 $\pm$ 0 86 A
40	21 45 $\pm$ 0 01 H	24 83 $\pm$ 2 88 EFGH	31 53 $\pm$ 2 15 BC
60	25 44 $\pm$ 0 66 CDEFGH	24 26 $\pm$ 1 86 FGH	32 11 $\pm$ 0 18 B
80	28 14 $\pm$ 1 79 BCDEFG	21 57 $\pm$ 0.70 H	----- -
100	22 56 $\pm$ 1 95 GH	28 32 $\pm$ 0 23 BCDEFG	-----

Nota los promedios con igual letra, son estadísticamente iguales ( $p < 0.05$ )

TABLA No 12 Comparación múltiple de medias, según Tuckey ( $p=0.05$ ), para el contenido de sodio total en los sólidos liofilizados de las aguas de remojo en función de la interacción TRATAMIENTO MUESTREO

Tiempo de almacenamiento (días)	TRATAMIENTO		
	Alta temperatura baja humedad	Baja temperatura baja humedad	Alta temperatura alta humedad
0	0 144 $\pm$ 0 003 ABC	0 144 $\pm$ 0 003 ABC	0 144 $\pm$ 0 003 ABC
10	-----	-----	0 198 $\pm$ 0 001 ABC
20	0 088 $\pm$ 0 012 BC	0 198 $\pm$ 0 030 ABC	0 203 $\pm$ 0 062 AB
30	-----	-----	0 057 $\pm$ 0 001 C
40	0 142 $\pm$ 0 023 ABC	0 137 $\pm$ 0 005 ABC	0 067 $\pm$ 0 004 BC
60	0 193 $\pm$ 0 023 ABC	0 175 $\pm$ 0 036 ABC	0 092 $\pm$ 0 040 BC
80	0 166 $\pm$ 0 096 ABC	0 127 $\pm$ 0 005 ABC	-----
100	0 130 $\pm$ 0 005 ABC	0 248 $\pm$ 0 072 A	-----

Nota los promedios con igual letra, son estadísticamente iguales ( $p < 0.05$ )

TABLA No. 13 Comparación múltiple de medias, según Tuckey ( $p=0.05$ ), para el contenido de potasio total en los sólidos liofilizados de las aguas de remojo en función de la interacción TRATAMIENTO MUESTREO

Tiempo de almacenamiento (días)	TRATAMIENTO		
	Alta temperatura baja humedad	Baja temperatura baja humedad	Alta temperatura alta humedad
0	9 92 $\pm$ 0 12 AB	9 92 $\pm$ 0 12 AB	9 92 $\pm$ 0 12 AB
10	-----	-----	9 66 $\pm$ 0 16 ABC
20	9 98 $\pm$ 0 13 AB	9 95 $\pm$ 0 83 AB	8 12 $\pm$ 0 17 CD
30	-----	-----	7 86 $\pm$ 0 23 D
40	9 76 $\pm$ 0 67 AB	9 49 $\pm$ 1 02 ABC	9 25 $\pm$ 0 39 BCD
60	9 56 $\pm$ 0 59 ABC	10 67 $\pm$ 0 10 AB	10 40 $\pm$ 0 21 AB
80	10 26 $\pm$ 0 08 AB	10 46 $\pm$ 0 01 AB	-----
100	10 37 $\pm$ 0 07 AB	10 88 $\pm$ 0 19 A	-----

Nota los promedios con igual letra, son estadísticamente iguales ( $p < 0.05$ )

TABLA No 14 Comparación múltiple de medias, según Tuckey ( $p=0.05$ ), para el contenido de magnesio total presente en los sólidos liofilizados de las aguas de remojo en función de la interacción TRATAMIENTO MUESTREO

Tiempo de almacenamiento (días)	TRATAMIENTO		
	Alta temperatura baja humedad	Baja temperatura baja humedad	Alta temperatura alta humedad
0	0 853±0 036 CD	0 853±0 036 CD	0 853±0 036 CD
10	-----	-----	0 622±0 019 EF
20	0 918±0 020 C	0 935±0 028 BC	0 575±0 015 F
30	-----	-----	0 748±0 013 DF
40	0 885±0 070 CD	0 859±0 055 CD	1 079±0 055 AB
60	0 848±0 076 CD	0 913±0 034 C	1 133±0 009 A
80	0 858±0 044 CD	0 962±0 008 BC	-----
100	0 927±0 008 BC	0 945±0 001 BC	-----

Nota los promedios con igual letra, son estadísticamente iguales ( $p < 0.05$ )

TABLA No 15 Comparación múltiple de medias, según Tuckey ( $p=0.05$ ), para el contenido de calcio total en los sólidos liofilizados de las aguas de remojo en función de la interacción TRATAMIENTO MUESTREO

Tiempo de almacenamiento (días)	TRATAMIENTO		
	Alta temperatura baja humedad	Baja temperatura baja humedad	Alta temperatura alta humedad
0	0 474 $\pm$ C 004 AB	0 474 $\pm$ 0 004 AB	0 474 $\pm$ C 004 AB
10	-----	-----	0 311 $\pm$ C 010 CD
20	0 466 $\pm$ C 019 AB	0 505 $\pm$ C 028 A	0 281 $\pm$ 0 002 D
30	-----	-----	0 260 $\pm$ 0 010 D
40	0 463 $\pm$ 0 003 AB	0 436 $\pm$ 0 057 AB'	0 293 $\pm$ 0 006 D
60	0 415 $\pm$ 0 005 AB	0 407 $\pm$ 0 017 B	0 304 $\pm$ 0 018 D
80	0 402 $\pm$ C 038 BC	0 438 $\pm$ C 056 AB	-----
100	0 448 $\pm$ C 004 AB	0 454 $\pm$ C 001 AB	-----

Nota los promedios con igual letra, son estadísticamente iguales ( $p < 0.05$ )

TABLA No 16 Comparación múltiple de medias, según Tuckey ( $p=0.05$ ), para el contenido de fósforo total en los sólidos liofilizados de las aguas de remojo en función de la interacción TRATAMIENTO MUESTREC

Tiempo de almacenamiento (días)	TRATAMIENTO		
	Alta temperatura baja humedad	Baja temperatura baja humedad	Alta temperatura alta humedad
0	0.974 $\pm$ 0.080 D	0.974 $\pm$ 0.080 D	0.974 $\pm$ 0.080 D
10	-----	-----	0.963 $\pm$ 0.074 D
20	0.895 $\pm$ 0.039 D	0.874 $\pm$ 0.048 D	0.920 $\pm$ 0.026 D
30	-----	-----	1.684 $\pm$ 0.073 C
40	0.892 $\pm$ 0.043 D	0.831 $\pm$ 0.034 D	2.156 $\pm$ 0.001 B
60	0.863 $\pm$ 0.016 D	0.866 $\pm$ 0.028 D	3.182 $\pm$ 0.194 A
80	0.892 $\pm$ 0.008 D	0.919 $\pm$ 0.013 D	-----
100	1.007 $\pm$ 0.061 D	0.894 $\pm$ 0.022 D	-----

Nota los promedios con igual letra, son estadísticamente iguales ( $p < 0.05$ )

TABLA No 17 Resultados brutos de los análisis realizados durante el presente estudio A excepción del valor del porcentaje de sólidos liberados durante el remojo, los datos son la media del análisis por triplicado

Identificación de las columnas

HUME	porcentaje de humedad del grano
DR	Dureza de corte del grano remojado (Nt )
TCC	Tiempo de cocción del frijol sin remojar (minutos)
TCR	Tiempo de cocción del frijol remojado (minutos)
ABS	Porcentaje de absorción de agua
INCO	Indice de color del agua de remojo
SOLID	Porcentaje de sólidos liberados durante 16 horas de remojo
NITT	Porcentaje de nitrógeno total presente en el agua de remojo
PØFEN	Porcentaje de polifenoles presente en el agua de remojo
AZUC	Porcentaje de azúcares presentes en el agua de remojo
CENI	Porcentaje de cenizas presentes en el agua de remojo
DC	Dureza de corte del grano sin remojar



ca	Porcentaje de calcio presente en el agua de remojo
mg	porcentaje de magnesio presente en el agua de remojo
na	Porcentaje de sodio presente en el agua de remojo
po	Porcentaje de potasio presente en el agua de remojo
fo	Porcentaje de fósforo presente en el agua de remojo
fe	Porcentaje de hierro presente en el agua de remojo

Tabla No 17

Tabla de resultados brutos (cada valor es la media de tres datos)  
 primer digito: condicion de almacenamiento (1=1aAb 2=1bAb; 3=1aAa)  
 segundo digito: tiempo de almacenamiento (1=0 dias; 2=10 dias; 3=20 dias;  
 4=30 dias; 5=40 dias; 6=60 dias;  
 6=60 dias; 7=80 dias; 8=100 dias)  
 Tercer digito: numero de repeticion en funcion del porcentaje de  
 los solidos liberados  
 (este analisis se hizo por duplicado unicamente)

	HUME	DR	TCC	TCR	ABS	INCO	SOLID	NITT	POFEN	AZUC	CENI	DC
111	1115	22813	73	46	11997	2125	10245	3242	13673	46740	3178	087709
112	1099	22915	77	48	12560	2047	10369	3228	13983	44740	2984	079373
131	1020	20892	83	48	11020	1575	08115	3603	14313	35417	2944	088763
132	1010	31417	79	44	11598	1639	08396	3535	14557	37575	2988	096523
151	1005	24835	78	43	11083	1638	08225	3678	14597	40660	2144	076606
152	0985	23866	86	42	11543	1724	06603	3367	14387	44305	2145	077173
161	1036	24563	90	47	12230	1751	06890	3392	13757	43523	2497	081766
162	1028	25543	89	51	11847	1759	06178	3446	13400	44340	2590	075281
171	1049	23267	90	51	10800	1720	06091	3436	12847	37820	2687	075066
172	1044	24354	86	53	11757	1723	06546	3423	13327	37883	2940	072394
181	1079	28457	90	50	11057	1626	08036	3462	12500	37857	2394	103031
182	1081	28580	90	48	11422	1654	07605	3479	12565	38010	2118	095412
211	1115	22813	73	46	11997	2125	10245	3242	13673	46740	3178	087709
212	1099	22915	77	48	12560	2047	10369	3228	13983	44740	2984	079373
231	1024	25040	83	46	11715	1637	07864	3389	13443	40360	2244	079168
232	1014	25667	78	45	11136	1631	06915	3451	13510	41180	2321	083051
251	1070	27787	72	44	10782	1707	05097	3382	15200	41230	2686	101401
252	10p1	29432	70	45	10977	1763	04045	3425	14577	43127	2279	098885
261	1052	24140	78	36	11760	1720	05652	3428	14573	42947	2294	076801
262	1059	23725	82	42	10742	1641	05268	3327	13970	42447	2557	071857
271	1065	28160	78	44	11337	1947	09096	3348	13780	39215	2225	091159
272	1060	30894	79	43	11654	1919	08879	3200	13783	36347	2163	092880
281	1097	25348	82	41	11301	1780	08013	3334	13650	39547	2848	095780
282	1088	26323	78	45	11593	1754	08851	3246	14265	40870	2816	089784
311	1115	22813	73	46	11997	2125	10245	3242	13673	46740	3178	087709
312	1099	22915	77	48	12560	2047	10369	3228	13983	44740	2984	079373
321	1495	29092	75	57	12602	1927	16282	2966	10180	46743	3116	124541
322	1480	29833	71	54	12616	1944	15136	2870	10095	45657	3568	129704
331	1552	25217	102	87	12264	1741	26971	2660	06403	54373	2511	124899
332	1557	25431	88	77	12375	1729	24339	2649	05990	52757	2552	137517
341	1812	24259	120	95	11584	1468	64241	2543	02740	55590	4092	104045
342	1772	24004	118	101	12023	1471	61261	2621	02827	54140	3971	099680
351	1848	19926	128	128	11350	1104	66289	2802	02627	42535	2999	095631
352	1850	19476	130	123	11981	1221	59787	2883	02683	41570	3303	086483
361	2174	26212	188	206	11181	0235	68248	3467	02430	33700	3188	091427
362	2161	25088	215	220	10795	0246	63290	3390	02550	33347	3224	092646

Tabla No 17 cont

Tabla de resultados brutos (cada valor es la media de tres datos)  
 primer dígito: condición de almacenamiento (1=1aMb; 2=16Mb; 3=1aMa)  
 segundo dígito: tiempo de almacenamiento (1=0 días; 2=10 días; 3=20 días;  
 4=30 días; 5=40 días; 6=60 días;  
 6=50 días; 7=80 días; 8=100 días)  
 Tercer dígito: número de repetición en función del porcentaje de  
 sólidos liberados  
 (este análisis se hizo por duplicado únicamente)

	ca	mg	na	po	fo	fe
111	04772	08277	01412	098408	09176	00348
112	04710	08787	01460	100036	10312	00362
131	04796	09037	00802	098902	09222	00175
132	04526	09318	00965	100692	08668	00199
151	04608	09351	01580	102332	09223	00266
152	04645	08383	01255	092843	08615	00205
161	04115	09017	02095	099745	08521	00238
162	04179	07936	01771	091449	08748	00209
171	04286	08891	02332	103145	08975	00225
172	03744	08266	00980	102058	08857	00685
181	04506	09325	01258	103201	10506	00419
182	04445	08218	01334	104166	09638	00267
211	04772	08277	01412	098408	09176	00348
212	04710	08787	01460	100036	10312	00362
231	04857	09152	01765	093706	08401	00343
232	05246	09548	02193	105378	09073	01608
251	04765	08979	01333	102047	08550	00562
252	03957	08198	01409	087668	08063	00249
261	03948	09372	01999	106041	08856	00336
262	04190	08897	01493	107411	08455	00262
271	03985	09558	01239	104596	09100	00370
272	04780	09674	01309	104619	09287	00275
281	04545	09433	01967	110173	08783	00410
282	04542	09426	02988	107461	09089	00367
311	04772	08277	01412	098408	09176	00348
312	04710	08787	01460	100036	10312	00362
321	03180	06358	01989	095455	10153	00255
322	03045	06085	01979	097660	09106	00792
331	02825	05646	02473	079971	09016	00236
332	02790	05857	01586	082366	09388	00237
341	02528	07387	00569	076989	17362	00066
342	02674	07569	00576	080283	16326	00027
351	02970	11182	00698	095287	21564	01268
352	02891	10404	00639	089781	21564	00079
361	03167	11393	00634	105506	30450	00000
362	02917	11260	01198	102536	33192	00076



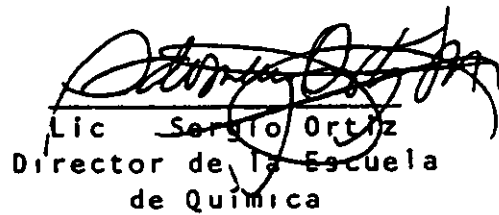
Luis Emilio Rodolfo Morales Diaz



Dr Ricardo Bressani  
Asesor



Dr Enrique Acevedo  
Asesor



Lic Sergio Ortiz  
Director de la Escuela  
de Química

Imprímase



Dr Federico Richter  
Decano